

若年女性の身体組成, 筋分布, 筋厚と骨量, 骨密度の関係について

楠 原 慶 子

緒 言

先行研究¹⁴⁾により, 成人女性における骨量, 骨密度は 20 歳前後で最大値に達し, 40 歳台までピーク値を維持した後減少傾向を示し, さらに閉経に伴うホルモン分泌量の減少により骨量, 骨密度の大幅な減少が誘発されることが明らかにされている. また骨量, 骨密度の増減には人種などの遺伝的要因の他に栄養量, 運動量, 内分泌系の働き, 身体組成, 疾病等が総合的に関与しており, 若年期における骨量, 骨密度の増加状況や最大値, 最大値の到達時期, あるいは老年期における減少の程度も上記要因の影響を強く受けていることが報告されている^{2)-8), 10)-13), 16-25)}.

現在なんらかの原因で「寝たきり」と呼ばれる高齢者は全国に約 70 万人いると推定されており, また今後「寝たきり」の予備軍と呼ばれる骨粗鬆症患者は 400 万人から 500 万人とも推定されている¹⁵⁾. 骨が脆弱な状態となり発症する骨粗鬆症, あるいは骨粗鬆症による「寝たきり」の状態は, 高齢者本人の生活の質と並んで高齢者を取りまく介護者の生活の質にも多大な影響を与えていることから, 中高齢者を対象に骨粗鬆症の発生について骨代謝のメカニズムと並んで, 栄養摂取, 運動量, ホルモン分泌等の観点から研究が行われ, 骨粗鬆症防止策が報告されている^{14), 15)}. その結果, 中高齢者の骨粗鬆症予防には高齢期になってからのカルシウム摂取, 運動の実施もさることながら, 若年期からの栄養摂取状況や, 運動習慣が大きく影響をしていることが報告されている. 最大骨量に到達する年齢については統一した見解は未だ得られていないが, 若年期により高いレベルの骨量, 骨密度を獲得することは, 中高年齢者の骨量, 骨密度の減少率が一様に 1 年に 1% 程度である

からことも（閉経期には3～5%）¹⁴⁾、骨粗鬆症による骨折を防止するうえで、重要であると考えられる。

Cooper ら⁴⁾は、若年期では身長が発育が停止した後の骨の成長には、特に運動が強く関与していること、また Davee ら³⁾は筋量を増やすような運動の実施は、腰椎の骨量を増加させることを報告している。その他、体重から体脂肪を徐いた除脂肪体重 (FFM) と骨密度に正の相関²⁾⁻⁵⁾や、若年女性の骨密度と筋力、酸素摂取量等の体力要素との関連¹⁰⁾が報告されている。このように若年女性では骨量、骨密度と全身筋量との関連が明かにされているが、身体各部位に分布する筋と骨との関連に関しては報告が少ない。そこで本研究では運動習慣のない健康な女子大学生を対象に、身体組成や筋の分布が骨量、骨密度とどのように関連しているのか明らかにすることを目的とした。

方 法

被検者

被検者は平均年齢が 18.9 (±1.1) 歳の女子大学生 31 名であった。被検者には実験に先立ち測定内容や安全性について説明し、書面にて実験に参加することの承諾を得た。アンケート調査により年齢、運動習慣、既往歴、カルシウム摂取状況、避妊薬服用の有無についての調査を行った。各被検者ともアンケート実施時において、大学での定期的な身体活動には参加していなかった。大学入学後の健康診断の結果、各被検者とも健康常態は良好であった。

骨量、骨密度の測定

骨量、骨密度の測定は DEXA 法（ノーランド社製）により全身骨量、および第2腰椎から第4腰椎、大腿骨頸部、Ward's 三角部、大転子部の骨量、骨密度を測定した（図1）。

身体組成の測定

体脂肪率は水中体重秤量法により、Abe *et al.* (1994)¹⁾ の方法に従い身体密度 (BD) を測定した。求められた身体密度から、Siri (1961)²⁰⁾ の推定式を用い

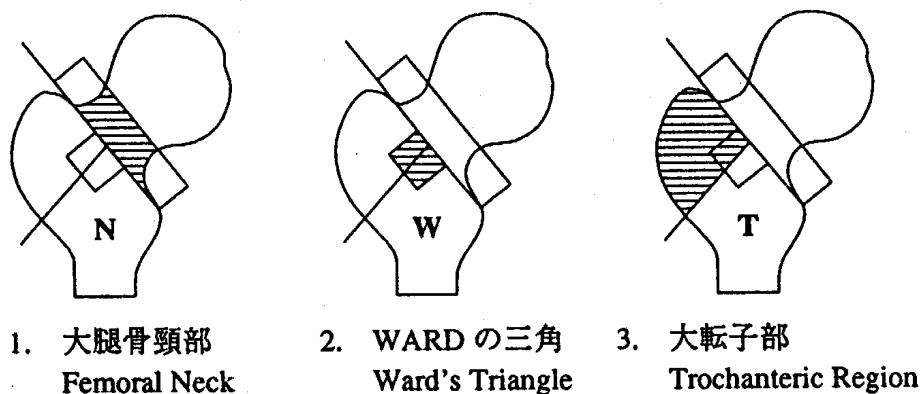


図 1. 大腿骨骨量，骨密度測定 of 3 部位¹⁵⁾

て体脂肪率(%FAT)，体脂肪量を算出した．筋厚，皮下脂肪厚の測定は超音波 B モード法 (Abe *et al.* (1994)¹⁾) により行った．筋厚の測定部位は前腕部，上腕前面部，上腕後面部，臍部，肩甲骨下部，大腿前面部，下腿前面部であった．皮下脂肪量の測定は体表面積の測定を各身体部位ごとに実施し（顔・首部，上腕部，前腕部，体幹部，大腿部，下腿部），各部位で測定した皮下脂肪厚の平均値を掛け合わせることで皮下脂肪の体積を身体部位ごとに算出した⁹⁾．内臓脂肪量は，Abe *et al.* (1994)¹⁾ に従い，水中体重秤量法で測定した総脂肪量から皮下脂肪厚を差し引いて求めた．

筋出力の指標として，各被検者とも握力，背筋力を測定した．

統計処理

各変数間の関係については，回帰式と共に相関係数を求めた．統計的には 5% 水準以上をもって有意とした．

結 果

アンケート調査により，骨代謝に影響を及ぼす疾病，および長期にわたる傷害の経験者は見られなかった．

被検者の身体特徴を表 1 に示した．身長は 159.5 ± 3.5 cm，体重は 51.6 ± 4.1 kg，体重から体脂肪量を除いた除脂肪体重 (FFM) は 38.6 ± 3.0 kg，皮下脂肪量は 8.8 ± 1.7 kg，内臓脂肪量は 4.5 ± 1.5 kg であった．水中体重秤量法によって測定した体脂肪率の平均値は $25.1 \pm 3.3\%$ ，範囲は 19.3% から

表 1. 被検者 (N=31) の身体的特徴

	Mean (SD)	Range
Age (yr)	18.9±1.1	18-22
Height (cm)	159.5±3.5	152.9-164.5
Weight (kg)	51.6±4.1	43.0-58.5
Fat Free Mass (kg)	38.6±3.0	33.8-45.2
Body fat (%)	25.1±3.3	19.3-32.3
Body fat (kg)	13.0±2.3	8.7-18.3
Subcutaneous fat mass (kg)	8.8±1.7	6.0-12.7
Internal fat mass (kg)	4.5±1.5	0.6-7.7

表 2. 全身骨量および腰椎 (L2-L4), 大腿骨頸部, Ward's 三角部, 大転子部の骨量と骨密度

	BMC (g)	BMD (g/cm ²)
Total body mineral contents	1831.2±200.5	—
Lumbar spine (L2-L4)	40.8±6.07	0.954±0.12
Femoral neck	3.027±0.37	0.933±0.12
Ward's triangle	1.00±0.14	1.00±0.14
Trochanter	8.71±1.71	0.812±0.11

表 3. 身体 7 箇所の筋厚と皮下脂肪厚

	Muscle thickness (mm)	Fat thickness (mm)
Forearm	15.9±1.9	6.7±0.8
Biceps	19.6±1.9	5.7±1.1
Triceps brachii	21.7±3.1	13.0±2.3
Abdomen	10.2±1.5	20.5±7.3
Subscapula	15.8±2.3	11.1±4.8
Quadriceps	46.9±5.9	12.4±1.8
Tibialis anterior	26.5±1.7	6.6±0.9

32.3% であった。

全身骨量および腰椎 (L2-L4), 大腿骨頸部, Ward's 三角部, 大転子部の骨量, 骨密度を表 2 に示した。被検者の全身の平均骨量は 1831.2 ± 200.5 g であった。L2-L4, 大腿骨頸部, Ward's 三角部, 大転子部の骨密度はそれぞれ 0.954 ± 0.12 , 0.933 ± 0.12 , 1.0 ± 0.14 , 0.812 ± 0.11 g/cm² であった。表 3 は測定した身体各部位の筋厚, 脂肪厚である。筋厚の最大値は大腿前面部 (大

腿四頭筋) の 46.9 mm であり, 最小値は臍部 (腹直筋) の 10.2 mm であった。一方, 皮下脂肪厚の最大値は臍部の 20.5 mm であり, 最小値は上腕前部の 5.7 mm であった。表 4 は除脂肪体重 (FFM) と各筋厚測定部位との相関を示したものである。FFM は臍部 (腹直筋) と最も相関が高く ($r=0.66$, $p<$

表 4. 除脂肪体重と筋厚測定部位との相関関係

Muscle thickness	Fat Free Mass
Forearm	NS
Biceps	NS
Triceps brachii	NS
Abdomen	$r=0.66$, $p<0.0001$
Subscapula	NS
Quadriceps	$r=0.41$, $p<0.05$
Tibialis anterior	$r=0.48$, $p<0.01$

表 5. 全身骨量および腰椎 (L2-L4), 大腿骨頸部, Ward's 三角部, 大転子部の骨量, 骨密度と体重, 身長との相関関係

		Weight	Height
BMC (g)	TBMC	0.72 ^a	0.60 ^a
	L2-L4	0.45 ^c	0.47 ^b
	Femoral neck	R 0.56 ^a L 0.45 ^c	0.68 ^a 0.46 ^c
	Trochanter	R 0.31 L 0.33	0.61 ^a 0.43 ^c
	Ward's triangle	R 0.35 L 0.23	0.50 ^b 0.45 ^c
BMD (g/cm ²)	L2-L4	0.38 ^c	0.24
	Femoral neck	R 0.38 ^c L 0.14	0.51 ^b 0.58 ^a
	Trochanter	R 0.32 L 0.33	0.46 ^c 0.34
	Ward's triangle	R 0.35 L 0.24	0.51 ^b 0.46 ^c

^a $p<0.001$, ^b $p<0.01$, ^c $p<0.05$

0.0001), 次に下腿前面部 (前脛骨筋), 大腿前面部 (大腿四頭筋) が続いていたが, 他の筋厚との相関は認められなかった. 表 5 は全身骨量, および腰椎 (L2-L4), 大腿骨測定部位 3 箇所の骨量, 骨密度と体重, 身長との相関を示している. 身長は骨量, また腰椎を除く骨密度とに相関が認められた. 一方体重は, 全身骨量と高い相関関係 ($r=0.72$) であった. 表 6a および 6b はそれぞれ除脂肪体重 (FFM), 部位別筋厚と L2-L4, 大腿骨測定部位 3 箇所の骨

表 6a. 除脂肪体重 (FFM), 部位別筋厚と腰椎 (L2-L4), 大腿骨測定部位 3 箇所の骨量との相関関係

Site	L2-L4	BMC					
		Femoral neck		Trochanteric region		Ward's triangle	
		(R)	(L)	(R)	(L)	(R)	(L)
Fat Free Mass	0.61 ^b	0.87 ^a	0.59 ^c	0.40 ^d	0.36	0.56 ^c	0.46 ^d
Forearm	0.08	0.23	0.10	0.02	0.11	0.15	0.05
Biceps	0.22	0.23	0.06	0.08	0.16	0.27	0.03
Triceps	0.21	0.07	0.42 ^d	0.35	0.37 ^d	0.21	0.36
Abdomen	0.53 ^c	0.63 ^b	0.40 ^d	0.32	0.24	0.51 ^c	0.43 ^d
Subscapula	0.10	0.02	0.04	0.10	0.03	0.02	0.16
Quadriceps	0.13	0.48 ^c	0.48 ^c	0.21	0.32	0.43 ^d	0.43 ^d
Tibialis Anterior	0.03	0.33	0.42 ^d	0.00	0.07	0.46 ^d	0.43 ^d

^a $p<0.0001$, ^b $p<0.001$, ^c $p<0.01$, ^d $p<0.05$

表 6b. 除脂肪体重 (FFM), 部位別筋厚と腰椎 (L2-L4), 大腿骨測定部位 3 箇所の骨密度との相関関係

Site	L2-L4	BMD					
		Femoral neck		Trochanteric region		Ward's triangle	
		(R)	(L)	(R)	(L)	(R)	(L)
Fat Free Mass	0.54 ^b	0.59 ^b	0.64 ^a	0.50 ^c	0.48 ^c	0.58 ^b	0.47 ^d
Forearm	0.02	0.15	0.06	0.16	0.09	0.08	0.04
Biceps	0.09	0.22	0.03	0.08	0.09	0.26	0.04
Triceps	0.19	0.02	0.23	0.29	0.40 ^d	0.16	0.36
Abdomen	0.45 ^d	0.60 ^b	0.52 ^c	0.51 ^c	0.51 ^c	0.55 ^c	0.43 ^d
Subscapula	0.06	0.00	0.03	0.00	0.08	0.03	0.16
Quadriceps	0.05	0.38 ^d	0.42 ^d	0.33	0.40 ^d	0.41 ^d	0.43 ^d
Tibialis Anterior	0.02	0.12	0.33	0.25	0.31	0.47	0.44

^a $p<0.0001$, ^b $p<0.001$, ^c $p<0.01$, ^d $p<0.05$

量および骨密度との相関関係を示している。L2-L4 の骨量, 骨密度はいずれも FFM, 臍部 (腹直筋) と相関が認められた (骨量と FFM: $r=0.61$, 骨密度と FFM: $r=0.54$, 骨量と腹直筋筋厚: $r=0.53$, 骨密度と腹直筋筋厚: $r=0.45$)。また大腿骨の骨量, 骨密度も一部を除いて FFM, 腹直筋筋厚と正の

表 7a. 体脂肪量, 体脂肪率 (%FAT), 部位別皮下脂肪厚と腰椎 (L2-L4), 大腿骨測定部位 3 箇所の骨量との相関関係

Site	L2-L4	BMC					
		Femoral neck		Trochanteric region		Ward's triangle	
		(R)	(L)	(R)	(L)	(R)	(L)
Total fat Mass	0.01	0.06	0.04	0.04	0.11	0.08	0.19
%Fat	0.24	0.24	0.21	0.13	0.05	0.32	-0.40 ^d
Forearm	0.26	0.04	0.13	0.05	0.04	0.12	0.00
Biceps	0.07	0.02	0.20	0.01	0.00	0.07	0.03
Triceps	0.06	0.23	0.25	0.29	0.11	0.21	-0.38 ^d
Abdomen	0.12	0.00	0.01	0.00	0.01	0.08	0.10
Subscapula	0.02	0.22	0.25	0.15	0.08	0.09	0.18
Quadriceps	0.21	0.21	0.23	0.16	0.10	0.30	0.30
Tibialis Anterior	0.39	0.05	0.14	0.00	0.05	0.13	0.26

^a $p < 0.0001$, ^b $p < 0.001$, ^c $p < 0.01$, ^d $p < 0.05$

表 7b. 体脂肪量, 体脂肪率 (%FAT), 部位別皮下脂肪厚と腰椎 (L2-L4), 大腿骨測定部位 3 箇所の骨密度との相関関係

Site	L2-L4	BMD					
		Femoral neck		Trochanteric region		Ward's triangle	
		(R)	(L)	(R)	(L)	(R)	(L)
Total Fat Mass	0.02	0.10	0.03	0.09	0.04	0.15	0.19
%Fat	0.25	0.34	0.31	0.30	0.25	-0.40 ^d	-0.40 ^d
Forearm	0.29	0.13	0.15	0.04	0.15	0.07	0.00
Biceps	0.20	0.05	0.13	0.04	0.08	0.11	0.03
Triceps	0.29	0.10	0.18	0.29	0.21	0.25	-0.38 ^d
Abdomen	0.23	0.04	0.06	0.07	0.06	0.11	0.09
Subscapula	0.15	0.15	0.19	0.03	0.00	0.17	0.18
Quadriceps	0.06	0.03	0.18	0.22	0.13	0.30	0.30
Tibialis Anterior	0.15	0.14	0.00	0.09	0.14	0.09	0.25

^a $p < 0.0001$, ^b $p < 0.001$, ^c $p < 0.01$, ^d $p < 0.05$

相関関係が認められた。

表 7a, 表 7b はそれぞれ L2-L4, 大腿骨測定部位 3 箇所 の骨量, 骨密度と体脂肪量と体脂肪率(%FAT), そして各部皮下脂肪厚との相関を示している。L2-L4 および大腿骨 3 箇所 の骨量, 骨密度と体脂肪量, %FAT, 皮下脂肪厚には一部を除いて相関関係は認められなかった。また相関が認められた %FAT と Ward's 三角部の骨量, 骨密度は, いずれも負の相関関係であった。

握力は左右の平均値で 25.9 ± 3.4 kg であり大腿骨頸部骨密度と正の相関関係が認められたが, 背筋力 (76.7 ± 13.1 kg) と骨密度には相関関係はなかった。

考 察

若年女性の身体組成, および筋厚と骨量, 骨密度との関係を明らかにするため, 31 名の運動習慣のない女子大学生を対象に, DEXA 法による骨量, 骨密度の測定, および筋厚, 皮下脂肪厚を測定した。

骨量, 骨密度は全身の体重から脂肪を除いた除脂肪体重 (FFM), そして筋厚では特に臍部 (腹直筋) 筋厚との間に高い相関関係が認められた。一方, 体脂肪量, 体脂肪率 (%FAT) には一部を除いて, 骨量, 骨密度との関連はなく, さらに %FAT と Ward's 三角部の骨密度との間には負の相関が認められた。以上の結果は, 若年女性における骨の状態の評価には先行研究と同様²⁾⁻⁵⁾に, 全身の筋量が重要であることを示すと共に, 運動習慣のない女性においては臍部の筋厚も有力な指標になることを示唆していると考えられる。さらに, 以上の結果は若年女性の骨の評価には, 体脂肪に関する指標では不適當であることを示すと共に, 特に %FAT の増加は骨の状態に対して, マイナスの要因となる可能性を示唆しているものと考えられる。なぜなら, 骨へのメカニカルストレスとして挙げられる荷重 (体重) という要因に関して, %FAT の増加はそのストレスの減少を導くと考えられるからである。辻ら¹⁴⁾は年齢, 体重に差のない被検者 18 名を, 運動を行っている平均 %FAT

が平均 16.3% の運動群と運動習慣のない平均 %FAT 25.3% の非運動群の 2 群に分け、脂肪量、筋肉量、骨量を比較している。その結果非運動群の筋量、骨量が有意に低値であったことを報告している。これは同一の体重であっても体組成によって骨量が影響を受けていることを示唆するものであり、本研究における被検者の %FAT と大腿骨 Ward's 三角部骨密度間の負の相関も、身体組成が骨密度の増減に関連していることを示すものと考えられる。一方、体重は腰椎 (L2-L4)、大腿骨頸部の骨密度間に相関が認められたことから、メカニカルストレスとしての荷重（体重）そのものの重要性は依然高いものの、若年女性ではさらに筋量が骨密度評価において最も重要な要因であると考えられる。

先行研究^{10), 16)}によれば、全身筋量が多い運動選手では、背筋力や大腿四頭筋の筋力は、骨密度と高い相関であることが報告されている。本研究における運動習慣のない若年女性では、FFM と筋厚の中で最小値であった臍部筋厚（腹直筋）との間に最も高い相関関係が認められ、さらに臍部筋厚（腹直筋）は、骨密度各測定部位の骨密度と高い相関関係であった。一方、筋力と骨密度との関係では、筋力発揮のための筋量が小さい握力と大腿骨頸部骨密度との間に相関が認められた。以上の結果は、運動習慣のない若年女性の骨密度評価に際して、筋量、あるいは筋力の大小がかならずしも骨の状態に影響を及ぼすのではなく、ある特定の筋の使用頻度が骨に影響を及ぼしている可能性を示唆するものと推測される。特に、運動習慣のない女子では運動による顕著な筋の発達を観察されにくく、また筋力発揮においても日常生活で行われる筋活動が限定される傾向にあることから、筋厚、あるいは筋力による骨状態の評価に際しては、日常生活における諸身体活動（歩行、荷物を持つ等）を通して動員される、活動頻度の高い筋が指標となる可能性も考えられる。

Cooper⁴⁾らの報告では、成長期の骨量は体格の大きさと相関が高く、一方成長が終わった後では運動が骨密度に大きく関与すると報告している。また骨量、骨密度はそれぞれ 26 歳前後、21 歳前後に最高値に達するという報

告²¹⁾を考慮すると、本実験の被検者の場合、18.9 歳という平均年齢から考えて、今後も、引き続き骨の状況は適当な身体活動により変化（増加）することが予想される。しかし運動の種類、強度、時間、頻度を熟考した上で、骨密度増加に働きかける至適運動量の定量化は、栄養摂取状況、ホルモンの分泌状況等、各人の生活環境や身体諸機能の活動状況が異なる故に現状では困難である。このような状況において身体活動としてのメカニカルストレスのない女子の骨の状況、変化を把握することは、運動実施による骨密度への効果を評価するうえでも重要である。また、運動習慣のない女子に対しては筋量の獲得の重要性を唱えると共に、骨量、骨密度の増加が期待できるこの時期の運動量獲得の機会を得ることが骨粗鬆症予防に不可欠であると考えられる。

要 約

健康な運動習慣のない若年女性 31 名を対象に、身体組成、筋量、筋厚と骨密度との関係を考察した結果、以下のことが明かとなった。

1. 身長は全身骨量および腰椎 (L2-L4)、大腿骨測定部位 3 箇所（大腿骨頸部、Ward's 三角、大転子部）の骨量と相関関係が認められた。また体重は全身骨量と高い相関関係であった。

2. 体重から体脂肪量を除いた除脂肪体重 (FFM) は一部（左大転子部）を除いて、すべての測定部位の骨量、骨密度との間に相関関係が認められた。一方、脂肪に関する指標と（体脂肪量、体脂肪率 (%FAT)）骨量、骨密度は、%FAT と Ward's 三角部の骨密度に負の相関関係が認められたほかは、有意な関係はなかった。

3. 除脂肪体重と臍部（腹直筋）筋厚には、高い相関関係が観察された。

4. 臍部（腹直筋）筋厚は各測定部位の骨密度と有意な相関関係であったのに対して、臍部皮下脂肪厚はいずれの骨密度とも相関はなかった。

5. 握力と左右大腿骨頸部骨密度には正の相関関係が認められたのに対して、背筋力はいずれの骨密度測定部位とも相関関係は認められなかった。

6. 運動習慣のない若年女性における骨状態の評価には、除脂肪体重および、臍部筋厚が指標として有効であることが明かとなった。

謝 辞

本研究実施にあたりご指導頂きました東京都立大学安部 孝助教授、ならびに骨密度測定にご協力頂きました、日本女子体育大学黒田善雄客員教授、呉 堅氏（東京大学大学院）に深く感謝申し上げます。そして本研究に被検者としてご協力くださった東京女子大学の皆様に深く感謝申し上げます。

参考・引用文献

1. Abe T, Kondo M, Kawakami Y, and Fukunaga T. Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *Am J Human Biol.* 6: 161-171, 1994.
2. Baumgartner RN, Stauber PM, Koehler KM, Romero L, and Garry PJ. Association of fat and muscle masses with bone mineral in elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* 63: 365-372, 1996.
3. Davee AM, Rosen CJ, and Adler RA. Exercise Patterns and Trabecular Bone Density in College Women. *J. Bone Mineral Res.* 5: 245-250, 1990.
4. Cooper C, Cawley M, Bhalla A, Egger P, Ring F, Morton L, and Barker D. Childhood Growth, Physical Activity, and Peak Bone Mass in Women. *J. Bone Mineral Res.* 10: 940-947, 1995.
5. Friedlander AL, Genant HK, Sadowsky S, Byl NN, and Gluer CC. A Two-Year Program of Aerobics and Weight Training Enhances Bone Mineral Density of Young Women. *J Bone Miner Res.* 10: 574-585, 1995.
6. Gilsanz V, Gibbens DT, Carlson M, Boechat I, Cann CE, and Schulz EE. Peak Trabecular Vertebral Density: A Comparison of Adolescent and Adult Females. *Calcif Tissue Int.* 43: 260-262, 1988.
7. Glastre C, Braillon P, David L, Cochat P, Meuneier PJ, and Delmas PD. Measurement of Bone Mineral Content of the Lumbar Spine by Dual Energy X-Ray Absorptiometry in Normal Children: Correlations with Growth Parameters. *J Clin Endocrinol Metab.* 70: 1330-1333, 1989.
8. Hassager C and Christiansen C. Influence of Soft Tissue Body Composition on Bone Mass and Metabolism. *Bone.* 10: 415-419, 1989.
9. Hattori K, Nakamura N, Ikoma M, Matsuzaka A, and Danielson RR. Sex differences in the distribution of subcutaneous and internal fat. *Human Biol.* 63: 53-63, 1991.
10. Henderson NK, Price RI, Cole JH, Gutteridge DH, and Bhagat CL. Bone Density in Young Women Is Associated with Body Weight and Muscle Strength but Not Dietary Intakes. *J Bone Miner Res.* 10: 384-393, 1995.

11. Lindsay R, Cosman F, Herrington BS, and Himmelstein S. Bone Mass and Bone Composition in Normal Women. *J Bone Miner Res.* 7: 55-63, 1992.
12. Margulies JY, Simkin A, Leichter I, Bivas A, Steingerg R, Giladi M, Stein M, Kashtan H, and Milgrom C. Effect of Intense Physical Activity on the Bone-Mineral Content in the Lower Limbs of Young Adults. *J Bone and Joint Surg.* 66: 1090-1092, 1986.
13. Matkovic V, Jelic T, Wardlaw GM, Llich JZ, Goel PK, Wright JK, Andon MB, Smith KT, and Heaney RP. Timing of Peak Bone Mass in Caucasian Females and Its Implication for the Prevention of Osteoporosis. *J. Clin Invest.* 93: 799-808, 1994.
14. 宮下充正他. 骨粗鬆症予防のための効果的運動療法の研究開発事業報告書. (社)日本エアロビックフィットネス協会, 1993.
15. 森田陸司, 福永仁夫. 骨粗鬆症と骨塩定量—DXAによる骨塩定量—. メディカルビュー社, 1995.
16. Ott SM. Attainment of Peak Bone Mass. *J Clin Endocrinol Metab.* 71: 1082A-1082C, 1990.
17. Pocock N, Eisman J, Gwinn T, Sambrook P, Kelly P, Freund J, and Yeates M. Muscle Strength, Physical Fitness, and Weight but Not Age Predict Femoral Neck Bone Mass. *J Bone Miner Res.* 4(3): 441-447, 1989.
18. Recher RR, Davies M, Hinders SM, Heaney RP, Stegman MR, and Kimmel DB. Bone Gain in Young Adult Women. *JAMA.* 268: 2403-2408, 1992.
19. Ried IR, Plank LD, and Evans MC. Fat Mass Is an Important Determinant of Whole Body Bone Density in Premenopausal Women but Not in Men. *J Clin Endocrinol Metab.* 75: 779-782, 1992.
20. Rodin A, Murby B, Smith MA, Caleffi M, Fentiman I, Chapman MG, and Fogelman I. Premenopausal Bone Loss in the Lumbar Spine and Neck of Femur: A Study of 225 Caucasian Women. *Bone.* 11: 1-5, 1990.
21. Snow CM. Exercise and Bone Mass in Young and Premenopausal Women. *Bone.* 18: 51S-55S, 1996.
22. Teegarden D, Proulx WR, Martin BR, Zhao J, McCabe GP, Lyle RM, Peacock M, Slemenda C, Johnston CC, and Weaver CM. Peak Bone Mass in Young Women. *J Bone Miner Res.* 10: 700-715, 1995.
23. Theints G, Buchs B, Rizzoli R, Slosman D, Clavien H, Sizonenko PC, and Bonjour J.-PH. Longitudinal Monitoring of Bone Mass Accumulation in Healthy Adolescents: Evidence for a Marked Reduction after 16 Years of Age at the Levels of Lumbar Spine and Femoral Neck in Female Subjects. *J Clin Endocrinol Metab.* 75: 1060-1065, 1992.
24. 辻 秀一他. “隠れ肥満”と骨粗鬆症—身体活動を背景として—Osteoporosis Japan. 4: 59-65, 1996.
25. Young D, Hopper JL, Nowson CA, Green RM, Sherwin AJ, Keymakci B, Smid M, Guest CS, Larkins RG, and Wark JD. Determinants of Bone Mass in 10- to 26-year-old Females: A twin study. *J Bone Miner Res.* 10: 558-567, 1995.